

創造的思考の訓練教材としてのゲームの効用

－ 情報社会の人材育成 －

磯 本 征 雄

概 要

情報社会は、変化を常とするソフトな社会である。大量情報の中から有効なものを読み分ける能力が要求される。また、刻々と変化する情報の流れに対して、自らの発想で適切な判断を下す能力が重要である。これらの能力は、“創造的”あるいは“創造性”といわれ、既知の情報・知識の単なる再利用とは異なる新たな発想力や構想力を必要とする。本論文では、“創造性”を複数の知的要因の総合力とみなし、これら諸要因を含むゲームを用いて定量的に取り扱う手法を提案する。さらに、創造性能力の訓練と評価のためのコンピュータ・ゲームの活用方法を提案する。

1. はじめに

近年の情報技術は、インターネットによる情報の大量流通とコンピュータによるマルチメディア情報処理を可能にした。その結果、多様な発想が受け入れられ、情報の選別能力、創造的発想と行動が重要になってきた。因みに、大量に流通する情報の無批判・無批判な利用は、失敗の原因ともなる。また、コンピュータ・ソフトウェア開発では、既存ソフトウェアの再開発は無意味なだけでなく著作権侵害にさえなる。つまり、独自性のある柔軟で多様な発想が価値を持つ情報社会へと移ってきた。本論文では、そうした情報社会に必要な“創造性・独創性の意味”を、コンピュータ・ゲームを通して考察し、創造性能力の訓練と評価を定量的に論じる手法を考察する。

ゲームには、学術的とはいえない格闘技を対象としたバイオレンスゲーム、自動車や飛行機の操縦訓練用シミュレーション・ゲーム、企業経営訓練用のマネジメントゲーム（ビジネスゲーム）、漢字や英単語学習用の尻取りゲームなど、その種類は多様である。これら多くのゲームは、娯楽の一部として、あるいは学習の補助手段として活用されてきた。いずれのゲームも、競技者がゲームに成功するためには、それぞれにふさわしい戦略が必要である。ここでいう創造的思考とは、この様なゲームの各局面における適切な戦略を考へることをいう。本論文では、ゲームを知的好奇心の刺激剤とみなし、各々のゲームの特徴を活かして“創造性育成”のための訓練の手段として、また創造性能力の定量的評価方法として活用する方法を提案する。

本文では、ゲームを教材として扱うための手段として考察し、その効用を議論する。第

2 章では、本論文で具体的に扱う 7 つのゲームについて、その特徴と知的要因の内訳を考察する。第 3 章では、個々のゲームで行われる競技の内容を具体的に紹介する。第 4 章では、創造性に関わる要因ごとの能力を定量的に抽出する手法を定式化し、ゲームによる創造性の定量的表記方法を議論する。第 5 章で、知的能力の定量的計測の意義を議論し、本論文のまとめとする。

2. コンピュータ・ゲームの構造特性

コンピュータ・ゲームの特徴は、2 次元平面のディスプレイ画面に表示されたオブジェクトを、キーボードやマウスで操作することにある。その実行環境は、ここでは基本ソフトウェア Windows-2000、コンピュータ言語 Visual BASIC Ver.6 である。オブジェクトの配置、動き、操作などは、総てゲームの規則に合わせてソフトウェアとしてプログラムされている。表 1 は、以上の事項を前提に、各々のゲームの規則に合わせて筆者が制作したコンピュータ・ゲームの一覧である。表 1 第 1 列目は、ゲーム名である。第 2 列目は、ゲームが扱う対象と操作内容を示す。第 2 列目の各枠内の最下行は URL であり、この URL にアクセスすればそれぞれのゲームを呼び出すことが出来る。

この章では、以下に"創造的思考"の観点から、ゲームの制作と操作について考察する。

表 1 本論文で扱うゲームとその内訳

ゲーム名	ゲームの内容
Tile Game	正三角形から正十角形までの 8 種類のタイルを平面上に張りつめる。 http://tsplaza.jp/game/tile
Labyrinth	出発点から目標地点までの順路を見つける迷路ゲーム。 http://tsplaza.jp/game/labyrinth
Life game	生命体の発生・死滅によるコロニーの発展と消滅の過程とその制御。 http://tsplaza.jp/game/life
L system	生成文法規則に基づく木の成長の制御を競う。 http://tsplaza.jp/game/lssystem
Bounding ball game	ビリヤード風の盤上で動く小さな 2 つ玉を大玉で捕捉する。 http://tsplaza.jp/game/boundingball
Shooting game	重力場下の力学運動による的当てゲーム。 http://tsplaza.jp/game/shooting
Space Travel	ニュートン力学に基づく月旅行と火星旅行の宇宙旅行シミュレーション・ゲームの操作。 http://tsplaza.jp/game/spacetravel

ゲーム制作者に要請される資質

ゲーム制作の観点から見ると、表1のゲームには、幾何学、代数幾何学、微分方程式、論理学、力学、情報科学（情報システムやコンピュータ・プログラミングを含む）などの知識が必要である。表2は、これらのゲームとその作成に必要な知識の目安を示す対照表である。表2左第1列は、ゲーム名である。表2第2～3行目は、作成時に必要な知識である。二重丸（◎）は、不可欠な知識である。一重丸（○）は、高品質のソフトウェアの作成には必要な知識であることを示す。これらの知識を活用する対象や方法の判断は、作成者の創造的な能力に依存する。

ゲーム制作には、表2の知識のほかにも、ゲーム・プレイを魅力的にするためのゲームの規則や、そのための操作方法、成功・失敗などの判定基準を明示することが重要である。つまり、ゲームらしさ、ゲームの面白さ、そのためのマンマシン・インターフェイス、ゲーム進行の時間経過や画面配置への操作上の配慮、など考察すべき点は多々あり、その工夫のためにも創造性能力が必要である。さらに、プログラミング技法という点では、ゲーム制作者には、正確さや緻密さなどの資質も要請される。こうした観点から見ると、ゲーム制作はソフトウェア開発の演習課題として重要な学習教材となり得る。事実、筆者の体験では、こうしたゲーム教材への学生たちの興味・関心は他の教材に劣ることのない強いものであった。

表2 ゲームの理論的背景

ゲーム名 必要知識	ゲーム作成に必要な知識								
	数学			論理学		力 学	情報科学		
	幾何学	代数幾何学	微分方程式	記号論理	述語論理		知識処理	プログラミング	情報システム
Tile Game	◎	◎		○			◎	◎	◎
Labyrinth	◎	○					◎	◎	◎
Life game				○	◎		◎	◎	◎
L system				○	◎		◎	◎	◎
Bounding ball	○					◎	◎	◎	◎
Shooting game	○		◎			◎	◎	◎	◎
Space Travel	○		◎			◎	◎	◎	◎

ゲーム・プレイに要請される資質

ゲームを楽しむには、それぞれのゲームに固有の成功のための規則や手順を正しく理解し、時々刻々と変化するゲームの状況や対象物の動きの特徴を正確に判断し、次の段階への正しい行動を推論しなければならない。そのためには、対象物を正確に理解し、課題を発見し、課題解決の方法を自ら考え出す資質が要請される。既知の知識や経験だけでなく、未経験の新たな局面に対処する柔軟で創造的な発想が必要である。広辞苑によれば、“創造性”とは、“従来になかった新しいものを模倣せずに自ら構想し作り出す知的活動に関わる資質”であるといわれている。創造的な資質は、“ゲーム”にとっても不可欠な資質であり、本論文で“ゲーム”を創造性育成の教材として活用し、併せて創造性評価の道具として活用する理由である。

一般に“創造性”という用語は、臨機応変に問題解決を思考し、これを具体的な行動として顕在化する資質を意味する。特に本節では、ゲーム・プレイを創造性発揮の最適場面とみなし、ゲーム・プレイに必要な資質の分析を考察する。その際の創造性を構成する要因を、知的行動の資質の観点から次の用語で代表させる。

- (1) 敏捷さ：すばやいこと。すばしこいこと。
- (2) 正確さ：正しく確かなこと。
- (3) 緻密さ：念入りで手落ちがないこと。
- (4) 記憶力：物事を忘れずに覚えている、または覚えておく能力。
- (5) 推理力：推理・推察によって物事の道筋を論じ進める能力。
- (6) 忍耐力：困難に対してこらえる資質。たえしのぶ資質。
- (7) 意欲：種々な動機の中から或る一つを選択してこれを目標とする能動的意志活動。
- (8) 決断力：きっぱりと決める能力。

創造性能力の内の上記のいずれの要因によるかは、状況・場面による。

ここでは、必要とする資質の異なる複数のゲームを揃え、それら個々のゲームで獲得した得点と所要時間を目安にして、創造性資質の内訳を定量的に評価する手法を考える。表3は、創造性資質とゲームの対応表である。表3左第1列は、ゲーム名である。表3第2行目は、創造性資質を構成する要因である。表3の升目に書かれた数値は、各々のゲームと成功に必要な資質との対照表である。数値は、関連の重要度である。第3章では、表3の対応表の具体的な内容を確認するために、ゲームの特徴を考察する。

表3 各種ゲームとそれに要する知的能力

ゲーム名 \ 資 質	知的資質を構成する要因							
	敏捷性	正確さ	緻密さ	記憶力	推理力	忍耐力	意欲	決断力
Tile Game	2	4	5	3	5	4	2	4
Labyrinth	4	5	4	5	5	5	3	4
Life game	5	4	5	3	5	3	3	5
L system	1	1	1	1	1	1	1	1
Bounding game	5	5	4	3	4	4	3	5
Shooting game	5	5	4	4	5	3	3	4
SpaceTravel	1	5	5	2	5	4	5	5

3. コンピュータ・ゲームの機能特性

コンピュータ・ゲームには、様々な形態が可能である。この論文では、学校教育における学習教材としても利用可能であることを想定して、教科教育で学ぶ内容を勘案した著者自作のゲームをそろえた（表1参照）。

図1は、Tile game の一画面を示す。画面右には、正三角形、正四角形、正五角形、正六角形、正七角形、正八角形、正九角形、正十角形のタイルが用意されている。これらの全ての多角形にいて、一辺の長さが同じであり、画面中央の領域内に辺を接して敷き詰めていくゲームである。個々のタイル毎に得点が決められている（タイルの左下カッコ内に表示されている）。プレイヤーは、可能な限り短時間に高得点を獲得するようにタイルを埋め尽くしていく。大きなタイルほど高得点である。

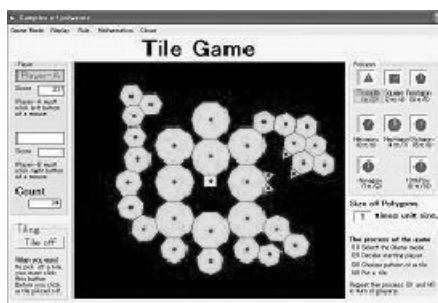


図1 Tile Game の一画面

Tile Game で高得点を得るためには、図形や領域に関する正確な認識や判断力が必要である。高得点を得る方法としては、まず大きなタイル（例えば正十角形）から埋めていき、余白領域が少なくなった時点で小さな多角形を埋める。タイル間の重なりは許されないで、ゲームが後半に移るにしたがって難しくなる。タイルとタイルの間の余白にピタリとはまるタイルを素早く見付ける能力が必要である。

ゲーム・プレイの方法として、次の4つのオプションを用意した：

Single Player

① Human

人間が1人単独でタイルを埋めていく。

② Computer

コンピュータが単独でタイルを埋めていく。

Two Players

③ Human-Human

人間と人間が、先攻と後攻で交互にタイルを埋めていく。

④ Human-Computer

人間とコンピュータが、先攻と後攻で交互にタイルを埋めていく。

ゲームは、対戦ゲームとして楽しむ方法と、一人で高得点を得ることを楽しむ方法がある。コンピュータ単独の場合には、タイルを埋めていく方法を学習するためのお手本と考えればよいであろう。

Tile Game ゲームには、タイルの一辺の長さを1から6までの任意の大きさに指定できる。小さなタイルほど、所要時間は長くなり、ゲームとしても難しくなる。つまり、タイルの大きさを指定することは、ゲームの難易度を指定していることになる。

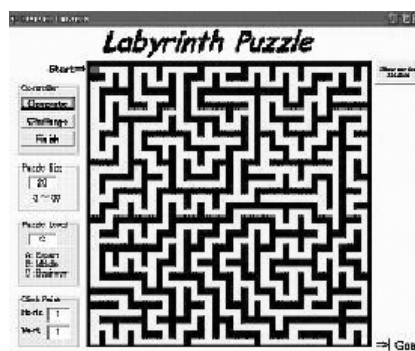


図2 Labyrinth の一画面

図2は、迷路ゲーム (Labyrinth) の一場面である。このゲームは、よく知られているように、複雑に入り組んだ順路を、入り口から出口まで素早く通り抜けければ成功である。

行き止りを避けて、無駄なく通り抜けることが重要である。迷路は、これまでも知能検査などにも使われている。なお、ゲームの難易度を変えるために、縦および横方向に取られる道の数に3から50まで変えることができ、これで順路の密度を適宜に指定できる。年齢などを考慮しながらこの数字を変えることで、ゲームの難易度を変えて一層適切な楽しみ方が可能になるであろう。

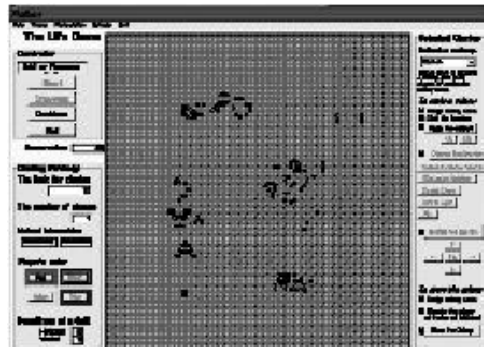


図3 LifeGameの一画面

図3は、Life gameの一画面を示す。升目に区切られた碁盤が用意されている。個々の升目には、生命体が最大で1つのみ生存し得る。各々の升目には、8個の近隣の升目がある。生命体は、世代を追って、過疎ないしは過密ならば消滅し、適度の密度で生存ないしは発生する。これを規則として記述すれば、次のようになる：

【升目に生命体がある場合】

- ① 近隣の升目の生命体数が2個以下の場合には、次世代では消滅する。
- ② 近隣の升目に生命体数が4個以上の場合には、次世代では消滅する。
- ③ 近隣の升目に生命体数が2～3個の場合には、次世代まで生き残る。

【升目に生命体が無い場合】

- ④ 近隣の升目の生命体数が3個の場合には、次世代で生命体が発生する。
- ⑤ 近隣の升目の生命体数が2個以下の場合には、次世代でも生命体はない。
- ⑥ 近隣の升目の生命体数が4個以上の場合には、次世代でも生命体はない。

現世代から次世代へと移る度に、この規則にしたがって生命体の発生と消滅を繰り返す。

プレイヤーは、ゲームの初期状態や中間状態で生命体を升目上に任意に追加・削除できる。こうした適当な制御を加えながら、生命体の旺盛な繁殖状況を維持する。ゲームは、すべての生命体が消滅した場合と、4世代以内の範囲で同じ状態が繰り返した場合を、終了とする。生命体が完全に上記の規則①～⑥に従って発生・消滅を繰り返す生命体のコロニーに対して、可能な限り長い世代にわたって継続させるように、追加・除去を適切に操作する能力が必要である。

生命体の種類は、赤、黄、青、緑の4色として、最大4人までのプレイヤーがプレイに参加できる。プレイヤー間のプレイの方法については、様々な方法が考えられるが、たとえば次の方法がある。

事例1：途中で追加削除可能な状態で、もっとも長く生きながらえた生命体が勝者となる。

事例2：世代数の上限を決めておき、最終段階での生命体数の多さを勝敗の基準にする。このゲームのプレイの際には、勝敗の決め方に幾つかの方法があるが、これは今後の課題である。

図4は、Lsystemの一画面である。このゲームは、言語学者チョムスキーによる生成文法の規則に従った生成過程を樹木の成長過程に置き換えたものである。規則は、次のように定められる。

	前段階	次段階
ルール1：	A	→ C [B] D
ルール2：	B	→ A
ルール3：	C	→ C
ルール4：	D	→ C (E) A
ルール5：	E	→ D

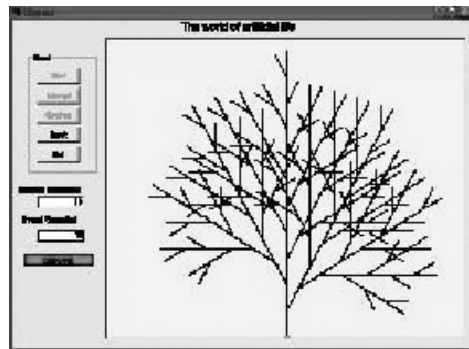


図4 Lsystemの一画面

ここに見るように、先ず A,B,C,D,E の文字列があり、世代から世代に移っていく過程で、各々の文字は左から右へと変換される。この変換を繰り返す過程で、樹木は次のように描かれる。各々の文字は、1本の枝に相当する。括弧[]で囲まれた文字に相当する枝を描くときには、枝は角度-30度の方向に描かれる。括弧()で囲まれた文字に相当する枝は、角度+30度の方向に描かれる。これ以外は、角度を変えずに前の枝と同じ方向に描かれる。

Lsystem をゲームとして活用するには、枝発生過程において、

- (1) 生成規則の扱い方
- (2) 枝の描き方
- (3) ゲームにおける得点の与え方

の3点を考察する必要がある。これらは、現時点の残された課題である。

図5は、Bounding gameの画面を示す。Bounding gameでは、ビリヤード風の方形の中で、2つの小球が壁と弾性衝突しながら等速で動いている。大球をマウスで動かし、これを小球に衝突させると、大球を小球の中に取り込むことが出来る。大球と小球がゆっくりと衝突した場合には、弾性衝突ではじき返される。これらが強く衝突した場合にのみ、

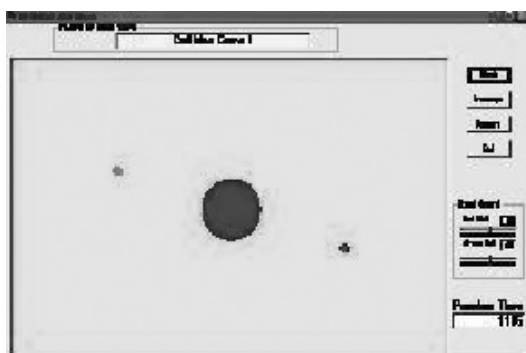


図 5 BouncingBall の一画面

小球は大球のなかに取り込まれ、2 個の小球が大球の中で衝突することなく円運動を繰り返す状態になった時に、ゲームは成功である。

2 個の小球の動きを正確に把握し、瞬間的に衝突させる瞬発力が重要である。2 つの小球を大球に取り込むためには、場面全体の状況を正確に判断して、時間を待ちながら衝突の時に即座に判断しなければならない。推察力と決断力、そして敏捷性が試されるゲームである。

図 6 は、Shooting game の中の平面状の的当てゲームの一画面である。Shooting game には、この他にも、平面上や球面上での物体の落下やロケットのドッキング、ロケットの周回軌道への打ち上げ、など万有引力下での物体の運動をシミュレートしたゲームである。物理現象における明確な因果関係の理解と、これに対する正確な対応を推察する推論能力が要請される。もちろん、物理学の素養があればなお望ましい。

図 7 は、Space travel の月旅行における一画面である。これは、ニュートン力学に従って月旅行や火星旅行をするシミュレーション・ゲームである²⁾。ゲーム挑戦者は、データ入力とボタン操作で宇宙船を地球から月へ（または地球から火星へ）と誘導する。また、この帰りのコースについても、同様に行われる。この操作における宇宙船の位置確認やロケットエンジン駆動のタイミングが非常に難しいため、多くはコンピュータによる自動駆動にしている。このシミュレーション・ゲームを理解するには、物理学、数学、情報科学に精通しておく必要がある。また、自然の法則とその現実への適用を通して、因果関係に基づく未来予測の可能性を実感できる。

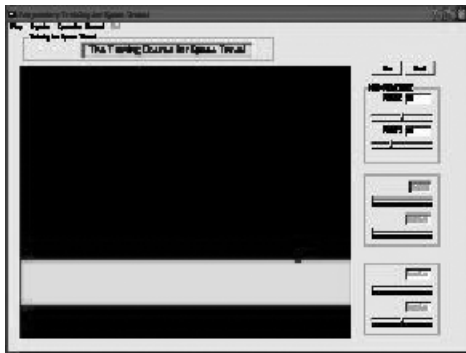


図6 ShootingBall の一画面

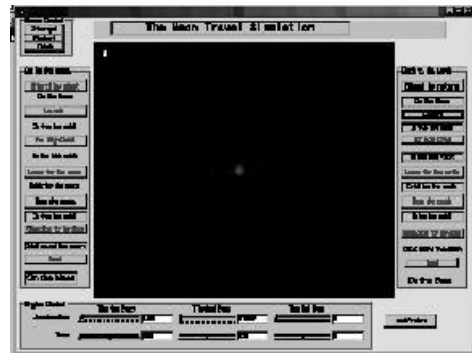


図7 SpaceTravel の一場面

以上、各種ゲームの内訳を解説してきたが、それぞれにインターネットを介して、各自のパソコンで稼動させることができる。また、各々のゲームについて、規則、理論的背景、楽しみ方、などの解説をオプションとして添付してあるので、それを活用されることを想定し、詳細な説明は割愛する。

4. 創造性能力の計測戦略

問題解決は、創造性発揮のもっとも典型的な場面である。問題解決の際には、直面する課題の内容やその背景をつぶさに判断し、次に起こることへの適切な推論をしなければならない。次に起こる事柄に対処する行動にも、敏捷性や正確さ、緻密さが要求される。一方、独創性・創造性や適切で敏捷な対応が重要な情報社会を生き抜くには、こうした問題解決能力が非常に重要である。ここでは、問題解決能力を“創造性能力”とみなし、創造性能力を論理的に解析可能にする数理モデルを提案する。

ゲームには、非日常的ではあるが、成功のための戦略が一定のルールとして純粋な形式で決められている。ゲーム成功に必要な戦略は、それぞれのゲームの特性に対応して表3の資質のいずれかが関与している。創造的能力とは、こうした表3に示す資質「敏捷性、正確さ、緻密さ、記憶力、推理力、忍耐力、意欲、決断力、」の総合力が重要である。創造性能力を解析的な方法で議論可能にするために、表3に示す対応表の重み付けを仮定した。ただし、表3の数値は、筆者が経験的に定めた値である。表3を使えば、ゲーム毎に成功の度合いを計測することで、創造性能力を構成する個々の資質が分かる。以下に、本章では、創造性能力の計測数理モデルを議論する。

(1) 創造性能力の定量化

現時点では、ゲームの成功度やそれらから創造性能力を決める絶対的な方法はない。本論文では、多くの挑戦者の振る舞いを統計データとして収集して、その統計量に基づいて決定する方法を提案する。

被験者 n の資質を計算する準備として、ゲーム j に対する統計量を次の様に定義する。

P_{nj} : 被験者 n が第 j 番目のゲームで得た得点,

T_{nj} : 被験者 n の第 j 番目のゲーム成功に要した所要時間の逆数,

P_{0j} : 過去の全プレイヤーの得点の平均値.

T_{0j} : 過去の全プレイヤーが要した所要時間の逆数の平均値

V_{Pj} : 過去の全プレイヤーの得点の分散.

V_{Tj} : 過去の全プレイヤーの要した所要時間の逆数の分散.

σ_{Pj} : 過去の全プレイヤーの得点の標準偏差.

σ_{Tj} : 過去の全プレイヤーの要した所要時間の逆数の標準偏差.

ただし、($j=1, 2, \dots, 7$).

P_{nj} と T_{nj} は、第 j 番目のゲームにおける被験者の得点と所要時間の逆数である。これら以外の統計量は、過去の多数の被験者（ここでは K 人とする）に関するものである。ばらつき（最大と最小の差）は余り大きくないものとし、また“得点”や“所要時間の逆数”の分布は正規分布をなすと仮定する。こうした前提の下で、被験者 n の第 j 番目のゲームの成功度を、偏差値の考え方にしたがって次の様な計算式で定義する。

【平均値】

$$T_{0j} = \frac{\sum_{k=1}^K T_{kj}}{K} \quad (1)$$

$$P_{0j} = \frac{\sum_{k=1}^K P_{kj}}{K} \quad (2)$$

【分散】

$$V_{Pj} = \frac{\sum_{k=1}^K (T_{kj} - T_{0j})^2}{K} \quad (3)$$

$$V_{Tj} = \frac{\sum_{k=1}^K (P_{kj} - P_{0j})^2}{K} \quad (4)$$

【標準偏差】

$$\sigma_{Tj} = [V_{Tj}]^{1/2} \quad (5)$$

$$\sigma_{Pj} = [V_{Pj}]^{1/2} \quad (6)$$

【成功度 G_{nj} 】

$$G_{nj} = 50 + \frac{100 \times (T_{nj} - T_{0j}) \times (P_{nj} - P_{0j})}{(\sigma_{Tj} \times \sigma_{Pj})} \quad (7)$$

G_{nj} は、被験者 n の第 j 番目のゲームにおける成功度である。

創造性能力は、(1)推理力、(2)正確さ、(3)緻密さ、(4)忍耐力、(5)意欲、(6)決断力、(7)敏捷性、(8)記憶力などの資質の総合的能力である。これらの資質は、各ゲームに異なる重みで関与しており、式(7)で計算されるゲームの成功度 G_{nj} を使って次の式で計算される：

第 j 番目の資質の資質度 A_{nj}

$$\text{資質度：} A_{nj} = \sum_{i=1}^I G_{nj} \times a_{ij} \quad (8)$$

a_{ij} ：第 i 番目のゲームにおける第 j 番目の資質の重要度。表 3 第 1 行の資質に対する列の数値。

ただし、初期の段階では、特定の人たちを対象とした統計量を用いることになるが、被験者数が増加するにつれて統計的な意味が充実してくると期待できる。

(2) 創造的能力のグラフ表現

創造性能力を構成する資質（表 3 参照）は、個人ごとに異なる。これは、体力において幅跳び、高飛び、短距離走、長距離走、握力、背筋力などの様々な資質が個人ごとに異なることに類似している。図 6 には、こうした考え方に基づいて数量化した創造性能力の資質をレーダー・グラフで示した。このレーダー・グラフによって、創造性能力を総合的に判断する際の情報が与えられる。

(3) 創造的能力の実効的意味

創造性能力は、創造的活動における実効的能力を評価する指標となる。図 6 の様に創造

性能力の内訳を予め分析し顕在的に把握しておれば、創造性は一層効果的に発揮できるであろう。当然に、創造性育成の観点からは、将来に向けて創造性を発揮するための準備と方向性を与えるものである。しかし、これまでの議論は一個人に注目した場合の創造性能力であった。

能力を複数人の間で比較し優劣を決する場合には、対戦ゲームを使うなどの方法で順位付けも可能であろう。

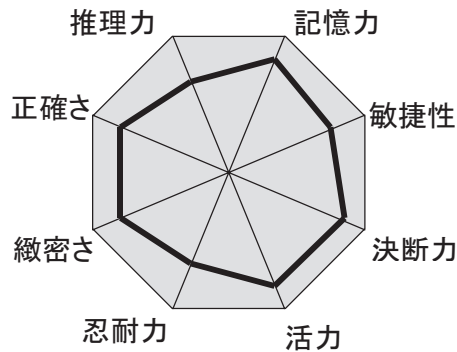


図6 ゲームによって計測される創造性能力を示すレーダー・グラフ

5. まとめ

これまで、“頭がよい”とか“知能が高い”という言葉は、学校教育における学業成績の良し悪しを指標にして語られることが多かった。しかし、学業成績のみで“頭がよい”あるいは“知能が高い”といえるのであろうか。本論文では、頭のよさを“創造性能力”の観点から考察した。本論文の議論は、そうした創造性能力の定量的表現を基礎データとして創造性育成を科学的に議論するための方策を提案した。

本論文で扱ったゲームは、全てホームページ

URL: <http://tsplaza.jp/game>

でアクセス可能であり、使用することができる。また、操作法、理論的背景、ゲームの規則、などについては、それぞれのゲームの中で解説されている。挑戦者は、ゲームを楽しみながら、創造性に関する自分の資質を計測できる仕組みになっている。ゲームとしてのよさや、創造的能力判定の結果の合理性については、実験を繰り返して検証していく。

参 考 文 献

- 1) M・アイゲン & R・ウィンクラー著、寺元英、伊勢典夫ほか訳、「自然と遊戯 ～偶然を支配する自然法則～」、東京化学同人、(1982)、pp.181-200
- 2) 磯本征雄、宮原一弘、中野宇宙、伊藤 敏、「ニュートン力学シミュレーション教材の構成と教授方略、～宇宙旅行シミュレーションによる事例研究～」、電子情報通信学会論文誌 Vol.J83, D-I、No.6、(2000)、pp.599-609